

## INFORMÁCIÓ ÉS FILOZÓFIA\*

ÍRTA: RIGÓ JÁZON

### 1. Az információ és a filozófia alapvető kérdése

Az információ lényegének feltárásához vezető utak egyike: megmutatni milyen viszony van az információ és a tudat, továbbá az információ és az anyag között. Kissé hasonló a helyzet az energetizmussal kapcsolatban felmerült filozófiai problémákhoz. Ahogy az energiánál lehetséges volt materialista és idealista értelmezés, úgy az információnál is megtörténhet mindkét interpretációs kísérlet. Az idealista talajon álló nézeteket néhány vélemény felidézésével illusztráljuk: Wasmuth „Az ember és a gondolkodó gép” c. könyvében pl. az információ létét az arisztoteleszi formák léteével azonosítja. Az információról azt írja, hogy inmateriális időbeli kapcsolatoknak van alávetve. F. BLOM „Tér, idő és elektron” c. könyvében az információt, mint az objektum és a szubjektum fölé emelkedő autonóm komponenst határozza meg.

Természetesen rendkívül fontos szembeszállni az idealista nézetekkel és kimutatni hibás voltukat, azonban — úgy gondoljuk — lényegesebb ok is közrejátszik amiért a tudat és az információ viszonyát tisztázni kell. Az információ eredetileg a közlés, a hír értelmében volt használatos. Értelmezése időközben igen jelentősen kiszélesedett. Továbbmenve: az információ továbbítás sebességének növelése megkövetelte az információ formájának rendkívül változatossá tételét, alkalmas módon való kódolását. Ez pedig maga után vonta, hogy az információ formája és jelentése erőteljesen eltávolodott a korábban szokásostól. A jelentés felismerésében tisztában kellett lenni az új formával.

Néhány filozófus igen helyesen a formát és a tartalmat (jelentést) szorosan egymáshoz tartozónak tekinti. Előfordult azonban, hogy ebből — az egyébként önmagában helyes megállapításból — téves következtetéshez jutottak. Az elektronikus számológépek megjelenésével az információnak speciális formái (fajtái) jelentek meg. Olyan látszat keletkezett, hogy a gép számára az információ nem „jelent” semmit,\* — mondván, csakis a programozó-matematikussal tudja az információk (adatok és utasítások) jelentését. A következtetés máris kész: az információ kizárólagosan a tudathoz kapcsolódik.

Az információ lényegével foglalkozó filozófiai irodalomban találkozunk olyan elképzelésekkel, amelyek az információ minden formáját a tudattal hozzák kapcsolatba. Az alábbiakban megvizsgáltunk néhány idevonatkozó véleményt.

„Az információ eredetileg valami olyasmi, ami mindig kapcsolatban van az emberi tudattal. Vannak emberek, akik információt cserélnek, tárolnak, kik bizonyos technikai eszközökkel megértetik magukat stb.” [1]

„Az információ szó különböző használatában közös, hogy mindig az emberi társadalom egy tényét érinti.” [2] Idézhető olyan vélemény is, amelyben az információ

\* II. részlet a Tudományos Közlemények következő kötetében jelenik meg.

\* A jelentés fogalom tárgyalásánál látni fogjuk, hogy ez tévedés.

és az ismeret azonosítása található. „Az információ ...a visszatükrözés objektív tartalma (az információ funkcionális oldala). Amikor a visszatükrözés a tudat részvétele nélkül történik, akkor a visszatükrözés az és információ alkotás egybeesik ... Ugyanez érvényes az emberi ismeretekre is. El kell tehát fogadnunk, hogy az információ és az ismeretlen szinonimák. [3]

V. SZOBOLJEV és K. H. KENNEGISSER nem tudja eldönteni, hogy az információ anyagi vagy szellemi „dolog” e, legalábbis erre utal az alábbi véleményük. „Természetesen az információk nem létezhetnek anyagi hordozók nélkül, ámde véleményük szerint helytelen volna azért valami anyagnak tekinteni őket, mert minden anyagi folyamat alá van rendelve a megmaradási tételnek. ...Másfelől aligha lehet az információt egyszerűen eszmei dologként jellemezni. Ebben az esetben el kellene ismernünk, hogy minden információfeldolgozó gép eszmei tükröképpel operál.” [4]

Úgy gondoljuk, hogy ha az idézett szerzők szerint nem anyagi és nem szellemi az információ, akkor jogos az a feltételezésünk, miszerint a két szerző az információt valami harmadiknak tekinti.

Az e kérdésben elfoglalt álláspontok közül a legösszetettebb véleményt G. Klaus fogalmazta meg. Szerinte, bár az információ anyagi hordozóhoz kötött, de csakis a tudat által hozható létre. Máshol azután azt írja, hogy ha már létrejött, akkor a tudaton kívül és attól függetlenül is létezhet. [5] Ez utóbbi véleményét azzal igyekszik alátámasztani, hogy az információátvitel tudati folyamatokon kívül, annak közvetlen folytatása nélkül is végbemehet. Klaus felfogása szerint „valamely hírről csak akkor beszélhetünk, ha azt emberek egyéni vagy társadalmi tudatára vonatkoztatjuk”. [6] Ez a megállapítás bizonyára igaz a hírre vonatkozóan, ám a hír az és információ nem azonosak.

Klaus végül is az anyag, a tudat és az információ viszonyát tárgyalva a következő megállapításra jutott. „Az itt szóban forgó három komponens nem független egymástól, sokkal inkább az alábbi függőségi viszonyok érvényesülnek köztük:

1. az anyag elsődleges, a tudat másodlagos
2. az anyag elsődleges, az információ másodlagos
3. a tudat elsődleges, az információ másodlagos

A részletekben ez azt jelenti, hogy az anyag történetileg megelőzi a tudatot, az anyag teremti a tudatot. Nincs tudat anyag nélkül, viszont van anyag tudat nélkül. Az anyag teremti továbbá az információ hordozóját, ami nélkül nem információ, információ nélkül viszont van anyag, amennyiben „információn” nem olyasmit értünk, ami a nyelvészeti fogalomtól eltér. Az anyag által létrehozott tudat végül megteremti az információ szemantikáját. Ha tehát alkalomadtán ezt a megfogalmazást használják az irodalomban: az anyag elsődleges, a tudat másodlagos, származékos — akkor valamely információ szemantikája másodrendű származék, s még sokkal kevésbé önálló realitáskomponens, mint a tudat. [7]

Klaus első pontban tett megállapítása a dialektikus materializmus alapján magától értetődik. A második pontban megfogalmazott viszony szintén belátható, abban az esetben ha hozzá tesszük, hogy Klaus itt az anyagi hordozó szempontjából vizsgálja az anyag és az információ viszonyát. A harmadik pontbeli megállapítás viszont erősen vitatható. Először is nincs összhangban az előző pontokkal, ti. itt az információnak már csak a jelentésoldala kerül előtérbe, mégpedig a „jelentés”-fogalomnak egy meglehetősen szűk — csak az emberi megértésre vonatkoztatott — értelmezése alapján. Továbbmenve: a harmadik pont csak egy igen szűken értelmezett információ fogalomra igaz. [8]

KLAUS valóban úgy értelmezi az információt, mint egy fizikai hordozóból és egy — csakis az emberi tudatra vonatkoztatott — szemantikából álló egészet.

Itt röviden meg kell jegyeznünk, hogy a tudat az agy legmagasabb rendű, csakis az emberre jellemző funkciója, amelynek igen lényeges ismérve, hogy célszerűen visszatükrözi a körülvilágban levő tárgyak objektív tulajdonságait és összefüggéseit: gondolatilag előre megkonstruálja a cselekvést és előre látja annak eredményeit: megoldja az ember s a társadalmi és a természeti valóság kölcsönös kapcsolatának helyes szabályozását és önkontrollját. [9]

Az információ is az objektív valóság jelenségeinek visszatükrözése. Ebből a tükrözésből azonban hiányzik a célszerűség. Az információnak is megvan a szabályozó hatása: az azonban nem éri el minden esetben a tudatos szintet: úgynevezett tudattalan elemek is lehetnek információk. Megemlíthető példaként a genetikai információ, amely az ember vonatkozásában is, de más, ún. nem „tudatos rendszerek” esetén is létezik.

A tudat sajátos szubjektum-objektum kapcsolat. Az információ azonban ennél lényegesen szélesebb. Az információs kapcsolatban résztvevő jelenségeket információadó- és felvevő rendszerekre oszthatjuk. Elvileg bármely jelenség lehet információadó, azaz információforrás. Az információ kettős meghatározottságú: egyfelől a kibocsátó rendszer szervezettsége, másfelől a felvevő rendszer adottságai determinálják. Az utóbbit a következőket kell érteni: az információt a felvevő rendszer szempontjából annak előzetes információkészlete, tehát szervezettsége is meghatározza.

Az információadó- és felvevő rendszer sajátos kapcsolatban áll egymással. Nem feltétlenül szükséges egyidejű létezésük, de szükséges feltétel, hogy az adás időben megelőzze a vételt. Speciális esetben a felvevő rendszer az emberi agy. Az információs folyamatok legmagasabb rendű formációi éppen ebben a legmagasabb rendű felvevő rendszerekben jönnek létre, ugyanúgy mint ahogy a tudati csak a legmagasabbrendűen szervezett anyagban, az agyban keletkezik.

Végősoron tehát a tudat és az információ viszonyát illetően Klaus helytelen megállapításra jutott, a tudattal kapcsolatos információ mellett vannak olyan információk is, amelyek nem tudati jelenségek.

Ismét hangsúlyozzuk, hogy információhordozó elvileg bármilyen anyagi objektumok, viszonyok és állapotok rendszere lehet, amely relatív változatlansággal megőrzi és továbbítja az információt. Ez azt jelenti, hogy nem önmagukban az anyagi objektumok, hanem elrendeződéseik az információhordozók. Némileg hasonló a helyzet ahhoz, hogy a tudat is anyagi hordozóhoz kötött. Ámde nem az agy mint anyagi objektum, hanem annak meghatározott szintű szervezettsége a tudat hordozója. A hordozó felbomlásakor az információ csak úgy mint a tudat megsemmisül. Ennyiben azonosak. Sőt abban is azonosság mutatkozik, hogy mint az információra, mind a tudatra nem azok a törvényszerűségek érvényesek, amelyek hordozóikra.

Lényeges különbség azonban közöttük, hogy az információ igen változatos anyagi hordozókhoz kapcsolódhat, míg a tudatról csak az emberi agyhoz kötötten beszélhetünk. [10]

Ezzel kapcsolatban érdemes idézni W. THIMM egyik megjegyzését: szerinte ugyanis nincsenek információfeldolgozó gépek. Az automatikában csak fizikai és matematikai törvények szerint feldolgozott, strukturált hordozók vannak. Ez igaz, de éppen az automatákba táplált strukturált hordozók képviselnek információt. Továbbá az anyagi hordozókban, illetve ezek struktúráján végrehajtott változások következményei jelentik az információ feldolgozását. Az anyagi hordozó, illetve annak struktúrája egy adott határon belül, anélkül változtatható, hogy az általa reprezentált információ megsemmisülne. Arról pedig, hogy ez ne következzen be, a gépnek adott utasításrendszer „gondoskodik”.

Az információ és a tudat elválaszthatatlan kapcsolatát azonban nemcsak az információfogalom szűk értelmezése alapján állítja néhány szerző. Feltétlenül az okok közé kell sorolni a szemantika, azaz a jel-jelentés viszony szűk értelmezését is. W. Thimm idevonatkozó nézetei pl. a következők [11]: az információ a jel és a szemantika összefüggése: az ember az állattól eltérően a jel-jelenségekhez képes jelet is rendelni, és éppen ez a hozzárendelés az információ forrása. A jel egy meghatározott strukturált anyagi hordozó; a jelfunkció az általános visszatükrözés egyik jelensége; a szemantika azáltal jön létre, hogy a szubjektum a jelekben tapasztalati és önkényes tartalmakat rendel; az információkban két visszatükrözés forma érvényesül, a szubjektív és az objektív; ami a tudattól elszakad, az a jel az objektív visszatükrözés; maga az információ eredetének megfelelően, ismerelméleti szempontból szubjektív marad és elszakíthatatlan az őt létrehozó tudattól; két szubjektum közti információs kapcsolat csak akkor lehetséges, ha azok tapasztalatai — és ezáltal jelentéskészlete — legalább részben megegyezik. Ez pedig a nyelvben adott.

Ezek azok a megállapítások, amelyekre támaszkodva W. THIMM úgy véli, hogy az információ tudathoz kötött. Ha azonban részletesen figyelemmel kísérjük Thimm álláspontját, kitűnik, hogy a jelentést csupán valamely dolog gondolati vonatkozásaként kezeli. A valóság viszont ettől eltérő. Ugyanis kézenfekvő, hogy az állatok számára is bizonyos tárgyak, jelenségek információt szolgáltatnak. Akár a táplálék megszerzésekor, akár valamely ellenség közeledésekor bizonyos jelekhez jelentés párosul.

Az sem fogadható el, hogy önkényes a jelentés hozzárendelése valamely adott jelhez. A. SCHAFF egyik cikkében a jelentést így fogalmazza: a jelentés a megismerési folyamat eredménye, a tárgy gondolati visszatükrözése, amelyre a jelzés vonatkozik. [12] Ha az idézet megfogalmazást összevetjük azzal a kijelentéssel, miszerint az állatok számára is bizonyos jelekhez jelentés párosul, akkor logikus az a következtetés, hogy az állatok is megismernek. Véleményünk szerint ez is indokoltá teszi a jelentés fogalmának Thimm és Schaff felfogásától eltérően a szélesebb körű értelmezést. A két szerző felfogása csak azt bizonyítja, hogy a jelentés-fogalom is különböző szinten értelmezhető. Feltétlenül figyelembe kell venni az emberi tudathoz, az állatvilághoz és a géphez kötött jelentés-fogalom közti minőségi eltéréseket, az általános jelentés-fogalmon beülni.\*

THIMM-nek azzal a véleményével sem tudtunk egyetérteni, hogy a visszatükrözésnek két formája létezik, azaz objektív és szubjektív. A visszatükrözés maga objektív folyamat. Ezen objektív folyamat formája lehet szubjektív, amennyiben azt emeljük ki, hogy az egyéni adottságok befolyásolják a tükrökép minőségét.

Az igaz, hogy két szubjektum között információs kapcsolat csak akkor lehetséges, ha a jelentéskészlet legalább részben megegyezik. Ez viszont nemcsak szubjektumok közötti relációban érvényes. Ember és gép, gép és gép vonatkozásában hasonlóképpen igaz. A nyelv valóban biztosítja az információs kapcsolatok kialakulását. Éppen ezért alakította ki az ember az ún. gépi nyelvet, azt a nyelvet, amely segítségével „megérti” magát a géppel.

A nyelv az információ anyagi hordozója, és mint ilyen számos formában jelenhet meg. A nyelv szerkezetének vizsgálata a nyelvtudomány feladata, de mint az információ anyagi hordozója, az információelméleti kutatások tárgyát is képezheti. Meg kell azonban jegyezni, hogy az információelmélet tárgyköréhez nem tartozik szorosan

\* Ezekre a kérdésekre még visszatérünk. A probléma fontosságát mutatja pl. az, hogy a gép számára a jelhez az ember ad jelentést, az ember vonatkozásában a jel és jelentés szinte „természeti törvényként” azonosul, a nyelvi jel jelentése történeti és tapasztalati.

az anyagi hordozó rendszerek vizsgálata. Nem tartozik a szűkebb értelemben vett információelmélethez. A nyelv, mint információ hordozó, a kutatás tárgya lehet az informatikának, a tágabb értelemben vett információelméletnek, ahol kvalitatív szempontok is előtérbe kerülnek.

A nyelv szerepének hangsúlyozása az információval kapcsolatban nem jelenti azt, hogy az információ csak a tudathoz kötött. A nyelv nem csupán abban az értelemben használatos itt, mint a gondolat materiális formája, hanem általában mint jelek rendszere, meghatározott struktúrával, matematikai és logikai törvények formájában megfogalmazott szabályokkal.

Mindezekből világosan kitűnik, hogy az információ nem csupán tudati jelenség, hanem annál jóval szélesebb valóság területre jellemző sajátosság.

Az információ és a filozófia alapvető kérdésének összefüggésével kapcsolatban ki kell térnünk az információ és az anyag viszonyára.

E kérdéssel összefüggésben N. Wiener híres megjegyzéséből kell kiindulnunk, miszerint az információ az információ, nem anyag és nem energia. A „Világosság” c. folyóirat 1964. decemberi számának mellékletében olvashatjuk a „Kibernetika, megismerés, vallás” c. tanulmányt, amelyet J. ANTONOV és KAZAKOVZEV cikke alapján rövidítve közölt a szerkesztőség.

Ebben WIENER említett megjegyzésével kapcsolatban a következő szerepel: „A filozófiában az anyag kategóriájaként a világ objektív valóságának ténye emelkedik ki. Ha ilyen formán feltesszük, hogy Winener megjegyzésében nem ilyen „anyagról” van szó, hanem egyes konkrét anyagokról, akkor világos: ezek különböznek az információtól, mint a bizonytalansági tényezők meghatározójától.

Mi értelme lenne ennek az utalásnak, hogy az információ nem anyag, ha anyagon filozófiai kategóriát értünk? Hiszen ez lényegében egyenlő az objektív valóság tagadásával, következésképpen az információfogalom tudományosságának tagadásával lenne egyenlő. WIENER természetesen nem erre gondolt. Megjegyzésében az „anyag” szón nem filozófiai kategóriát értett, hanem azt értette, amit mi az anyagi test fogalmával szoktunk összekapcsolni.

Az információ fogalom természetesen különbözik az anyagi test vagy az energia fogalmától. Mindkét fogalom — a megfelelő szaktudományokban való viszonyában — objektív, ezért egyiket sem lehet szembeállítani az anyaggal, mint a megismerés filozófiai elméletének általánosabb fogalmával. Az egyes konkrét anyagformák az energia és az információ közötti tényleges különbségeket kölcsönösen összefüggésük révén kell kinyomozni.” [13]

Az idézet tartalmi mondanivalójának kritikája előtt az alábbiakat kívánjuk megjegyezni. Ismertes, hogy a Magyar Filozófiai Szemlében az 1960-as években vita folyt az anyag filozófiai értelmezéséről. Anélkül, hogy az egyes szerzők véleményét elemeznénk, a magunk álláspontját rögzítjük.

Véleményünk szerint elfogadható az az álláspont, amely szerint az anyag (filozófiai értelemben) legfőbb vonzása a totalitás, ahogyan Sipos fogalmazta „a reálisan létező mindenség a maga egészében”. [14] Ezen belül kerülhet sor az egyes tulajdonságokról és azok egymással való szembenállásáról. Így a tudat szemben áll az anyaggal. A szembenállás abban áll, hogy tudat nincs konkrét anyagfajta nélkül. Ugyanakkor az is megállapítható, hogy az agy tudat nélkül nem nevezhető emberi agynak. A kettő együtt jár. A marxista filozófiai irodalomban gyakran előforduló indoklása az anyag elsődlegességének: az anyag elsődleges, mert időben előbb létezett; az anyag elsődleges, mert anyag létezik tudat nélkül, de tudat nincs anyag nélkül. Mindez igaz az emberi agyon kívül minden anyagfajtára, de nem fogadható el az emberi agyra.

Ezzel összefüggésben megjegyezzük, hogy az anyagfajta fogalom az anyag specifikus tulajdonságainak meghatározott csoportjait foglalja össze, az anyag konkrét, mennyiségileg meghatározott minőségi állapotainak, szintjeinek a megjelölésére szolgál.

Az anyagfajta fogalom különösként szerepel az anyagfogalomhoz és általános az egyedi jelenségekhez viszonyítva. Nem azonos tehát a test, dolog stb. fogalmakkal, ezektől általánosabb fogalom.

Ebben az értelemben beszélhetünk az elrendeződésről mint anyagfajtáról. Amikor arról van szó, hogy az információ nem létezik anyagi hordozó nélkül, akkor tulajdonképpen az egyes konkrét dolgok egymással alkotott speciális kapcsolatáról, egymásmellettségéről és egymásutániságáról van szó, ami nem más, mint elrendeződés.

Az elrendeződés akár természetes, akár mesterséges, az információ vonatkozásában jelként szerepel. A mesterséges elrendeződés esetében az ember határozza meg annak jelentését.

A korábban idézett nézetek tartalmi mondanivalójával összefüggésben a következő hiányosságok említhetők meg:

1. mindenekelőtt természetes, hogy az információfogalom különbözik az anyagi test és az energia fogalmától. Itt azonban nem erről van szó, ti. arra a kérdésre kell válaszolni, hogy létezésére nézve mi az információ.

2. a dialektikus materializmus értelmezése szerint a tudat nem azonos az anyaggal és szemben is áll vele, mint „a megismerés filozófiai elméletének általánosabb fogalmával.” Ebből azonban még egyáltalán nem következik az objektív valóság tagadása. Azaz abból az állításból, hogy az információ nem anyag, miközben az anyag objektív valóságot jelező filozófiai kategória, nem következik a valóság tagadása.

Célszerű az ilyen esetekben az „anyagi” kifejezést használni, ha ezen az „anyagból eredő”, az „anyag sajátosságának lenni” mivoltot értjük. Az kétségtelen igaz, hogy az információ nem azonos az objektív valósággal. Viszont anyagi eredetű, az anyagfajták sokféleségéből származó, anyagi hordozó nélkül nem létező adottság.

3. bármit is értett Wiener az „anyag” szón, az információ nem anyag és nem is anyagi test. Ebből talán feltétlenül az következne, hogy a szellemi területére tartozik? Nyilvánvalóan nem. Az információ anyagi természetű, tehát objektív, amelyet az önszabályozó rendszerek irányítására használnak fel. Matematikai szempontból nézve, az információ, mint negentropia a szervezettség mértéke.

Ha az információ azonos volna valamely anyagfajtaival, vagy az energia bármely megjelenési formájával, akkor rá is érvényesnek kellene lenni az anyag és energia megmaradási törvényének.

Az anyag, energia és információ egymáshoz való viszonyának megvilágítására szükséges megmutatni, miben azonos és miben nem azonos az entropia és információ.

Ha szemügyre vesszük az információ-mennyiség mértékének matematikai formáját, megállapítható, hogy az analóg a fizikában ismert entrópia-kifejezéssel. E hasonlóság miatt szokták az információ-mennyiséget entrópiának nevezni. A hasonlóság tartalmi tisztázását Louis Brillouin végezte el. Szerinte az *információmennyiség fizikai szempontból negatív entrópiát jelent*.

A statisztikus alapon felépített termodinamikában elfogadott álláspont szerint a rendszer entrópiája közvetlenül a rendszer állapotának valószínűségétől függ. BOLTZMANN tétele szerint:  $S = k \log P$ , ahol  $S$  a rendszer entrópiája,  $k$  arányossági tényező (értéke  $1,37 \cdot 10^{-16}$  erg/fok), a  $P$  pedig állapotvalószínűség.

Ez az összefüggés azt fejezi ki, hogy minden rendszer a nagyobb valószínűséggel bíró állapot felé törekszik.

De kérdés, mit nevezünk „nagyobb valószínűséggel bíró állapotnak”? Tekintsük pl. egy táviratnak a továbbítását Morse-féle táviró segítségével. A morse ábécé alapjelei mindössze kétfélék lehetnek. A jelek legnagyobb valószínűségi sorrendje az lesz, amikor minden jel  $1/2$  valószínűséggel pont, vagy vonás, vagyis a jelek sorrendjének „legnagyobb valószínűséggel bíró állapota” az, amikor váltakozva követik egymást. Természetesen a jelek valamennyi lehetséges sorrendje között előfordul az általunk kívánt táviratszöveg is, azonban nagyon kicsi valószínűséggel. Viszont éppen akkor kapjuk a legnagyobb mennyiségű információt.

A jelek sorrendjében megmutatkozó véletlenszerűség egyben a jelek rendezettségének hiányát reprezentálja. A rendezetlenség mértékének jelölésére használják az entrópia szót. Az entrópia kifejezést a múlt században alkalmazták először termodinamikai problémák vizsgálatánál. A reverzibilis és irreverzibilis folyamatokkal kapcsolatban Clausius egy mértéket keresve jutott az entrópia fogalmához. Maga a szó a görög *εντροπη* szóból származik, amely átalakulást jelent.

Ismert tény, hogy az anyagi testek között végbemenő energia átalakulások, energiacsere előidézője valamilyen kölcsönhatási forma. Valamennyi kölcsönhatás fajtájához egy intenzitásmennyiség tartozik, amely a kölcsönhatást minden vonatkozásban jellemzi. A kölcsönhatásokat közösen jellemző törvényszerűség: a testek mindaddig egyensúlyban vannak egymással, míg a megfelelő intenzitásmennyiségek értéke a kölcsönhatásban levő testekben azonos nagyságú. Ha nem áll fenn egyenlőség, akkor energia áramlás kezdődik. Ez mindig olyan irányú, ami a kiegyenlítődést, az egyensúlyi állapot kialakulását segíti elő. Eszerint az energiaátalakulások mindig kiegyenlítődési folyamatok. Az energiaáramlás csak az energiamentységet változtatja meg, de az nem tűnik ki, hogy milyen fajta kölcsönhatás révén került valamely testbe, illetve távozott onnan. Az energiaáramlás során nemcsak egy bizonyos intenzitásmennyiség változik meg, hanem valamennyi. A hőtáncban ezt a jelenséget keresztteffektusnak nevezik.

Meg kell azonban említeni, hogy a kiegyenlítődési folyamat eredményeként az egyensúly végleges időintervallumban elvileg sohasem áll be; a rendszer csak asszimptotikusan közeledik az egyensúlyi állapot felé.

Az eddigiekben az entropia tételt írtuk le. A rendszerek egyensúlyi állapotai egyben a rendszerek egyenlően valószínű állapotai, és ekkor a legnagyobb a bizonytalanság mértéke.

A potenciálkülönbségeket viszont a változásra való törekvések mértékének tekintjük. Egy rendszer egyensúlyban lévőknek nevezhető, ha az affinitások értéke nulla, vagyis ha az intenzitásmennyiségek szempontjából a testek homogének.

A hőtani folyamatokról tehát megállapítottuk, hogy kiegyenlítődési folyamatok. Az is kiderült, hogy minden testnek van olyan tulajdonsága, amelynek változása a hőhatás fellépését, állandó volta viszont a hőhatás hiányát jelenti. A testeknek ezt a tulajdonságát nevezik entrópiának.

A kiegyenlítődési folyamatok és az entrópia közötti összefüggés elemzése során feltárták, hogy a kiegyenlítődésre való törekvés és az entrópiánövekedés egy és ugyanazon természeti törvénynek két szempontból való megnyilvánulása. Az entrópia a különböző fajtájú és mennyiségű kiegyenlítődések közösen használható mértéke. A rendszer entrópiaváltozása:

$$\Delta S = \frac{1}{T} \Delta E + \frac{P}{T} \Delta V$$

ahol az  $\frac{1}{T} \Delta E$  a  $\Delta S$  entrópiaváltozásnak a rendszer energia változásából adódó

része, a  $\frac{P}{T} dV$  pedig a térfogatváltozásra eső része. A különböző kiegyenlítődési folyamatok entrópiamérlegének vizsgálata során kitűnt, hogy az entrópia minden kiegyenlítődési folyamat esetén növekszik.

A sok azonos természetű részecskéből álló objektumok (rendszerek) leírására önként adódott a statisztikus módszer. Ez a hőelméleti törvények leírására is alkalmasnak bizonyult, azok statisztikus jellege miatt.

A statisztikus hőelmélet egyik alapproblémája az energia eloszlás bizonyos  $H$  számú molekula között. Az eloszlás kiszámításához a következő úton jutottak. Osszuk fel az  $(O, E)$  energia intervallumot szakaszokra úgy, hogy az egyes szakaszokon belüli állapot elhanyagolható módok különbözzön. A szakaszokat számozzuk meg az energiaértékek növekedésének sorrendjében. Az  $i$ -edik molekula energiája legyen  $\varepsilon_i$ . A szakaszok között fellépő kölcsönhatási energia igen kicsi, de valamilyen kölcsönhatás mégis fel kell tételeznünk. Az egyes molekulák kölcsönhatása folytán a statisztikus sokaság a szakadatlan átrendeződés folyamatában van. Ez az átrendeződés ugyan más és más mikroállapotba viszi át a rendszert, de az mikroszkópikusan csak akkor érzékelhető, ha az energiaeloszlás megváltozik. Emiatt egy adott makróállapotnak több mikroállapot felel meg, amiből az a fontos tény következik, hogy a több mikroállapottal megvalósuló makróállapot nagyobb valószínűséggel marad fenn, mint az, amelyhez kevesebb mikroállapot tartozik.

Tételezzük fel, hogy a mikroállapotok egyenlően valószínűek. Ekkor arra következtethetünk, hogy a makróállapotok valószínűsége a hozzájuk tartozó mikroállapotok számával arányos. Ez esetben, ha a rendszer részecskéinek száma és azok összenergiája állandó: akkor

$$N_1, N_2, N_3, \dots N_i, \dots N_z,$$

számú részecske.

$$\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3, \dots \varepsilon_i, \dots \varepsilon_z.$$

energiájú szakaszban helyezkedik el.

Adott  $N_1, N_2, N_3, \dots N_i, \dots N_z$ -hez annyi mikroállapot tartozik ahányféleképpen elrendezhetők a molekulák a szakaszon belül, azaz

$$\frac{N!}{N_1! N_2! N_3! \dots N_i! \dots N_z!}$$

Ugyanis  $N$  számú molekula  $N!$  módon rendezhető el, de a szakaszon belüli átrendeződések nem változtatják meg az állapotot.

Bebizonyítható, hogy a részecskék lehetséges állapotai közül túlnyomórészt csak bizonyos elrendeződés valósul meg. A Boltzmann-féle eljárással, amelyet a legvalószínűbb eloszlás módszerének neveznek, megállapítható, hogy  $\varepsilon_i$  energiával

$$H_i = \alpha c \eta \cdot \varepsilon_i, \quad \eta < 0$$

számú részecske rendelkezik.

Boltzmann mutatott rá arra is, hogy  $w$  állapotvalószínűségnek monoton növekvő függvénye az entrópia. Erre utal az a tény, hogy a zárt rendszer entrópiája minden benne végbemenő folyamat esetén növekszik, és ezzel párhuzamosan a rendszer a kisebb valószínűségi állapotból a nagyobb valószínűségű állapot felé törekszik.

A függvénykapcsolatot konkrétan is megállapították:

$$S = k \cdot \log W,$$

ahol a  $k$  ismert arányossági tényező.



Bár az információelmélet szükségessége elsősorban a híradástechnikai problémák megoldása közben merült fel, mégis jól láthatóan a statisztikus fizika alapvető fogalmakat biztosított számára.:

A Clausius-féle entrópiafogalom még fenomenológikus alapon született meg. Boltzmann értelemezésében az entrópiafogalom megszabadul a kimondottan termodinamikai specifikumoktól és világossá válik a tömegjelenségeket általánosan jellemző jellege.

Boltzmann megállapítása szerint — mint láttuk — az entrópia a termodinamikai állapot valószínűségének logaritmusával arányos. Ebből az általános entrópiafogalomhoz úgy juthatunk el, ha elhagyjuk a „termodinamikai” jelzőt és általában a rendszerek állapotának valószínűségét vesszük alapul. Ekkor valamennyi tömegjelenség egyik közös jellemzőjének meghatározásához jutunk.

Ezzel az általános entrópiafogalommal rokon az információfogalom legalábbis formai vonatkozásban.

Mint már említettük, az alapvető kérdés az volt, hogy milyen mélyebben fekvő alapokra lehet visszavezetni az irreverzibilis folyamatoknál fellépő entrópiánövekedést. Kielégítő válasz helyett csak részleteredmények születtek eddig. POINCARÉ és ZERMELO kimutatták, hogy elég hosszú idő elteltével a zárt mechanikai rendszerek visszatérnek eredeti állapotuknak közelébe. Úgy tűnik, hogy ez ellentmond az irreverzibilitás tényének. Az ellentmondás feloldását szolgáló vizsgálatok egyik eredménye az információelméleti vonatkozások tudatosulása.

Az entrópia és az információ közötti kapcsolat a fizikus figyelmét az ún. Maxwell-démonra irányította, amelyet MAXWELL még az 1870-es években vetett fel. Tétélezzük fel egy olyan értelemmel bíró molekuláris tényt (démont), amely a következő feladat megoldására képes. Egy állandó hőmérsékleten lévő gázzal töltött edényben helyezkedik el. Az edény áthatolhatatlan fallal ketté van választva. A démon feladata az, hogy a molekulákat sebességük nagysága alapján osztályozza, ezt egy kis csapóajtó segítségével oldhatja meg, melynek mozgatásához a feltételezés szerint nincs szükség energiára. Az állandó hőmérsékletű gáz molekulái rendezetlen mozgást végeznek. Az egyes molekulák tényleges sebessége azonban az átlagostól mindkét irányba eltérhet. A démon megfigyeli az egyes molekulák sebességét és ha ez az átlagostól felfelé tér el, akkor mondjuk a baloldali rekeszbe, ha viszont lefelé, akkor a jobb oldali rekeszbe engedi át a molekulát. E tevékenységével egy idő után eléri, hogy a nagyobb sebességű molekulák az egyik míg, a kisebb sebességűek a másik rekeszbe kerülnek. A démon tehát az eredeti állandó hőmérsékletet megbontotta és ennek során hőmennyiség ment át alacsonyabb hőmérsékletű helyről magasabb hőmérsékletű helyre. Ez pedig ellentmond a termodinamika második főtételeének.

LÉON BRILLOUIN — számos más fizikussal együtt — foglalkozott a démon tevékenységének magyarázatával. A probléma megoldása abban van, hogy a démon tulajdonképpen nem tudja meghatározni az egyes molekulák sebességét. A démon a gázzal együtt termikus egyensúlyban van csak és a statisztikus ingadozást tudja észrevenni, de a sebesség megfigyelésére nem képes. tehát a feltételezéssel ellentétben feladatát nem tudja végrehajtani

Továbbá, ahhoz, hogy az egyes molekulákat észrevehesse fényforrásra van szüksége. A fényforrásnak a gáznál magasabb hőmérsékletűnek kell lenni. A fényforrás hőmérsékletének elérése viszont munkát igényel, ami entrópia-növekedéssel jár.

A démon elleni érvekben a központi kérdés az, hogy a rendszer valójában nemcsak a termikus egyensúlyban lévő gázból áll, hanem a fényforrás és maga a démon éppúgy a rendszerhez tartozik. Az az entrópiánövekedés, amely a molekulák meg-

figyeléséhez szükséges, mindig nagyobb mérvű, mint az a csökkenés, amelyet a démon a molekulák megfigyelésével elér. Ebből következik, hogy a szerzett információ a gáznak, mint részrendszernek az entrópiáját valóban csökkenti. Ezért nevezi Brillouin az információt negentrópiának. Ezzel szemben az egész rendszer entrópiája végső soron növekszik. Ezzel sikerült megcáfolni a második főtételek ellentmondó gondolat kísérlését.

A fentiek általánosan is igazak: minden olyan mérésért, amely a természetről valamilyen információt ad, azzal kell fizetni, hogy a mérési objektus és a műszer entrópiája nagyobb mértékben nő, mint amennyivel a mérési objektum — mint rendszer — entrópiája a mérés következtében csökken.

Levonható az alábbi következtetés: szükségszerűen vannak a világegyetemnek olyan helyei, illetve időtartamai, ahol és amikor az entrópia átmenetileg és időlegesen csökken. [14]

A szerves fejlődés ontogenetikailag és filogenetikailag egyaránt növekvő rendezettséget jelent. A fejlődés során az anyag különböző formákká szerveződik, az entrópia tehát csökken. Léteznek olyan fizikai, kémiai és biológiai folyamatok, amelyek az entrópia helyi és időleges csökkenését eredményezik.

Erre az eredményre jutott 1944-ben E. Schrödinger és 1949-ben N. Wiener. Véleményük szerint az élő szervezet a világegyetemen belül olyan részrendszer, amely az élet funkciók során a „környezetből negatív entrópiát von el.”

Erdemes megemlíteni, hogy Szilárd Leó már 1925-ben kimutatta: minden olyan mérés, amely megfelel egy elemi alternatíva eredményének a rendszer entrópiáját

$$k \cdot \ln 2 = 0,7 \cdot k = 10^{-16} \text{ erg/fok}$$

értékkel csökkenti. Azzal hogy BRILLOUIN az információ mennyiség mértékében szereplő numerikus állandónak entrópia dimenziót adta, az információelmélet révén világossá vált Szilárd eredményeinek mélyebb tartalma is.

A tudomány és technika különböző területein dolgozó fizikusok, matematikusok, mérnökök és fiziológusok szinte azonos időben jutottak a maguk tudományának területéről az információelmélet területére. A híradástechnikai rendszerek tervezésénél született az a gondolat, hogy az információ mennyiségének olyan statisztikus elméletét kell megalkotni, amelyben az információegység két, egyenlően valószínű alternatíva közötti elemi döntés. Erre az eredményre jutott R. A. Fischer és D. Shannon, valamint maga Wiener is.

Ez entrópia és az információ viszonyáról — a mi szempontunkból — igen fontos wieneri megjegyzést idézünk. „Az információ mennyiségének fogalma természetes módon a statisztikai mechanika egy klasszikus fogalmához, az entrópia fogalmához kapcsolódik. Ugyanakkor, ahogy egy rendszerben az információ mennyisége a rendszer szervezettségének mértéke, egy rendszer entrópiája rendezetlenségének (dezorganizációjának) a mértéke? az egyik egyszerűen a másik negatívja [15]

Miért fontos számunkra ez a wieneri megállapítás? Egyszerűen azért, mert elengedhetetlenül szükséges annak igazolásához, hogy az anyag különböző szervezettségi szintjeinek közös sajátossága az információ-organizációs aspektus.

Mint ahogy a markóállapot a lehetséges mikroállapotok különböző elrendeződése, feltehetően valamennyi anyagi rendszer pillanatnyi állapota részrendszereinek és azok lehetséges elrendeződésének függvénye. Másképp fogalmazva, az egyes rendszerállapotoknak többféle részrendszerállapot-összesség felel meg.

Belátható, hogy a részrendszerek lehetséges állapotai közül túlnyomórészt csak bizonyos elrendeződés valósul meg. Nyilvánvalóan valamely adott rendszerállapot létrejötte egyben kizáróan az ehhez az állapothoz vezető lehetőségeken kívüli más

részrendszerállapot-elrendeződésének. Ez azt jelenti, hogy a rendszerállapot bekövetkezése kiválasztódási folyamat. A részrendszerállapotok és elrendeződéseik bizonyos valószínűséggel állnak fenn. Valamely részrendszerállapotok és elrendeződések bekövetkezése alkalmas felvevő számára információt hordoz, mégpedig éppen azt, amely az illető felvevő rendszert meghatározott tevékenységre kényszeríti, pontosabban meghatározott tevékenység elvégzésében vezérli. Ha végiggondoljuk, hogy a gép tevékenységét éppen a betáplált adatok és utasítások (információk) vezérlik, akkor a fenti állítás jogosultsága kétségtelen. Az adatok és utasítások pedig jel-sorozatok formájában meghatározott rendet képviselnek. De hasonló a helyzet az emberi tevékenységet irányító információk esetében is.

Mindez természetesen kölcsönhatás eredménye. Esetünkben a kölcsönhatásnak arról a formájáról van szó, amikor az anyagi rendszerek egymásra gyakorolt hatásának eredményeként bizonyos lehetőségek megvalósulnak, mások viszont nem. A magas differenciáltságú és bonyolult rendszerek oly módon hatnak egymásra, hogy tulajdonságaiknak megfelelően kölcsönösen megőrzik a „felfogott” hatásokat. Így módon ezek a hatások mint lehetőség-kiválasztó tényezők jönnek számításba. Ennek folytán a rendszerek egyik állapotából egy másikba mehetnek át; speciális esetben ez a rendszerek szerveződését jelenti. Az anyagi rendszerek úgy tekinthetők, mint azon kölcsönhatások eredményei, amelyek a potenciális lehetőségeket korlátozzák, és ezáltal megszüntetik a különböző valószínűséggel fennálló lehetőségektől származó bizonytalanságot. Az anyagi rendszerek a folyamat során differenciálódnak.

Az anyagi rendszereknek ezt az objektív tulajdonságát nevezzük az anyag információs-organizációs aspektusának. Az anyagnak ezt az aspektusát a kibernetika kialakulásával hozták felszínre. A kibernetika érdeklődésének középpontjában ugyanis nemcsak a struktúra, hanem a különböző struktúrákkal megvalósítható funkciók állnak.

Gondoljunk vissza WIENER idézett megjegyzésére, amely szerint az entrópia és az információ egymásnak negatívja. Úgy látjuk, hogy az eddig leírtak egyértelműen megfelelnek ennek. Mégis vizsgáljuk meg kissé részletesebben az információ és az entrópia kapcsolatát.

Mindenekelőtt egyértelműen kitűnik az információmennyiség és az entrópia formai hasonlósága. Az a tény, hogy egymásnak negatívjai, tartalmi különbségekre mutat. Az entrópiánövekedés a rendszer átmenetét reprezentálja a kisebb valószínűségű állapotból a nagyobb valószínűségű állapotba. Az információmennyiség mértéke ez esetben éppen csökken. Tartalmi szempontból ez azt jelenti, hogy a rendszer a rendezetlenség állapota felé halad.

Alapvető különbségeket kell megemlíteni, hogy míg az entrópia a kiegyenlítődési folyamatok általános mértéke, addig az információmennyiség az anyagi rendszerek differenciálódásának tükrözője.

Amint arról többször tettünk említést, az információ magas differenciáltságú, bonyolult rendszerek kölcsönhatásának eredménye. Tehát az információ éppen annak folytán keletkezik, hogy a rendszerek egymással kapcsolatba kerülnek. Ez a kapcsolat, a Kalmár László által adott definíció szerint a visszatükröződés.

## INFORMATION UND PHILOSOPHIE

*Jázon Rigó*

Verfasser erachtet für die Erschliessung des Wesens der Information die Klärung des Dichotomieverhältnisses von Information und Stoff—Bewusstsein als unerlässlich.

Betreffs des Verhältnisses von Information und Bewusstsein ist festzustellen, dass es neben den in Verbindung mit dem Bewusstsein stehenden Informationsprozessen auch nicht bewusste bzw. nicht wissentliche Informationserscheinungen gibt.

Von der Beziehung zwischen Stoff und Information ist festzustellen, dass die Information nicht identifizierbar ist mit dem Stoff — in dessen philosophischem Sinne — und mit keiner einzigen Stoffart; die Information ist eine Realität stofflichen Charakters, sofern eine gewisse Anordnung ihrer Stoff- bzw. Materialarten als Informationsträger in Frage kommt.

Die Information ist an jene allgemeine funktionelle Eigenschaft der Systeme gekoppelt, die wir in der Philosophie Rückspiegelung nennen. Eine völlige Identität von Widerspiegelung und Information ist jedoch nicht akzeptabel; Verfasser führt einige identische und abweichende Gegebenheiten beider von Augen.

## ИНФОРМАЦИЯ И ФИЛОСОФИЯ

*Я. Ригó*

К раскрытию сути информации автор считает необходимым выяснение дихотомической связи информации и отношения материи—сознания.

Что касается связи информации и сознания, то можно установить, что наряду с информационными процессами, связанными с сознанием, имеются и не сознательные, т. е. явления, имеющие не сознательный информационный характер.

О связи материи и информации можно определить: информацию нельзя отождествлять с материей — в её философском понимании — и ни с одним видом материи; информация есть реальность материального характера, поскольку определенная систематизация видов материи может быть носителем информации.

Информация связывается с теми общими функциональными свойствами систем, которые в философии мы называем отражением. Однако, полное отождествление отражения и информации непреемливо, автор указывает на некоторые сходные и различительные особенности.